



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

PÁSOVÝ DOPRAVNÍK PŘESTAVITELNÝ - NOSNÁ KONSTRUKCE

ADJUSTABLE BELT CONVEYOR - CONVEYOR FRAME

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN HUŇKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ MALÁŠEK, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁRSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Huňka

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem c.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Pásový dopravník přestavitelný - nosná konstrukce

v anglickém jazyce:

Adjustable belt conveyor - conveyor frame

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provést výpočet přestavitelného pásového dopravníku pro hnědé uhlí a konstrukční řešení nosné konstrukce.

Dopravní výkon 210 000kg.h-1

Osová vzdálenost přesypů 260m

Výškový rozdíl 26m

Dopravovaný materiál: hnědé uhlí

Cíle bakalářské práce:

Proveďte funkční výpočet dopravníku, určení hlavních rozměrů.

Proveďte rozbor dopravovaného materiálu a uvedení technických parametrů, včetně alternativních materiálů.

Navrhněte vhodná konstrukční řešení nosné konstrukce.

Nakreslete sestavné výkresy jednotlivých montážních bloků nosné konstrukce přestavitelného dopravníku.

Seznam odborné literatury:

1. Ondráček, E., Vrbka, J., Janíček, P.: Mechanika těles - pružnost a pevnost II VUT Brno, 1988.
2. Jančík, L.: Části a mechanismy strojů, CVUT Praha, 2004.
3. Klimeš, P.: Části a mechanismy strojů I, II, VUT Brno 2003.
4. Janíček, P., Ondráček, E., Vrbka, J.: Pružnost a pevnost, VUT Brno, 1992.
5. Gajdůšek, J., Škopán, M.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení, skripta VUT Brno 1988.
6. Dražan, F. a kol.: Teorie a stavba dopravníku.
7. Kolár, D. a kol.: Části a mechanismy strojů.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 16.11.2011

L.S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

Tato bakalářská práce pojednává o funkčním výpočtu přestavitelného pásového dopravníku dle normy ČSN ISO 5048 s požadovaným dopravním výkonem $210\,000\text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$, osovou vzdáleností přesypů 260 m a výškovým rozdílem 26 m. Dále obsahuje rozbor dopravovaného materiálu, kterým je hnědé uhlí, včetně uvedení alternativních materiálů. V práci jsou též navržena konstrukční řešení dopravníku pro dané parametry.

KLÍČOVÁ SLOVA

přestavitelný pásový dopravník, dopravní pás, válečková stolice, hnací buben, hnědé uhlí, nosná konstrukce

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the functional calculation of adjustable belt conveyor according to ISO 5048 with the required transport capacity $210\,000\text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$, axial distance 260 m and height difference 26 m. It includes analysis of the transported material, which is brown coal, including the list of alternative materials. The thesis also proposes designs of the conveyor frame for the required parameters.

KEYWORDS

adjustable belt conveyor, conveyor belt, carrying idler, drive pulley, brown coal, conveyor frame



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HUŇKA, J. *Pásový dopravník přestavitelný – nosná konstrukce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 46 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D..



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2012

.....

Jan Huňka



PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Maláškoví, Ph.D. za jeho cenné rady a připomínky. Též děkuji své rodině za podporu po dobu celého studia.



OBSAH

Úvod	8
1 Konstrukční prvky pásového dopravníku	9
1.1 Dopravní pás	9
1.2 Pohon pásových dopravníků	10
1.3 Válečky	11
1.4 Válečkové stolice	12
1.5 Napínání dopravního pásu	13
1.6 Nosná konstrukce	14
1.7 Příslušenství	14
2 Rozbor dopravovaného materiálu	15
2.1 Vlastnosti hnědého uhlí	15
2.2 Vznik a druhy	16
2.3 Parametry	17
2.4 Těžba	17
2.5 Navržení alternativních materiálů	19
3 Funkční výpočet pásového dopravníku	20
3.1 Zadané parametry	20
3.2 Materiálové charakteristiky	20
3.3 Výpočet úhlu sklonu pásového dopravníku	20
3.4 Volba jmenovité dopravní rychlosti	20
3.5 Výpočet plochy průřezu náplně pásu	21
3.5.1 Volba válečkové stolice, válečků a dopravního pásu	21
3.5.2 Výpočet teoreticky potřebné plochy průřezu náplně pásu	27
3.5.3 Volba šířky pásu	27
3.5.4 Výpočet plochy průřezu vrchlíku	28
3.5.5 Výpočet plochy průřezu korýtky	28
3.5.6 Výpočet celkové plochy průřezu	28
3.5.7 Výpočet objemového dopravního výkonu	29
3.5.8 Výpočet hmotnostního dopravního výkonu	29
3.5.9 Kontrola dopravního výkonu	29
3.6 Výpočet pohybového odporu	30
3.6.1 Výpočet součtu hlavních a vedlejších odporů	31
3.6.2 Výpočet přídatných odporů	33
3.6.3 Výpočet odporu k překonání dopravní výšky	34
3.7 Volba pohonu	35



3.7.1	Potřebný provozní výkon pohonu na poháněcím bubnu	35
3.7.2	Potřebný provozní výkon poháněcího motoru	35
3.7.3	Provozní provozní výkon poháněcího motoru zvýšený o 50% kvůli rozběhu ...	35
3.7.4	Výstupní otáčky převodovky	37
3.8	Síly v pásu	37
3.8.1	Potřebný provozní výkon na hnacím bubnu	37
3.8.2	Omezení podle průvěsu pásu pro horní větev	38
3.8.3	Omezení podle průvěsu pásu pro dolní větev	38
3.8.4	Kontrola pevnosti pásu	39
3.8.5	Eulerův vztah	39
Závěr		40
Seznam použitých zkratk a symbolů		41
Seznam příloh		42



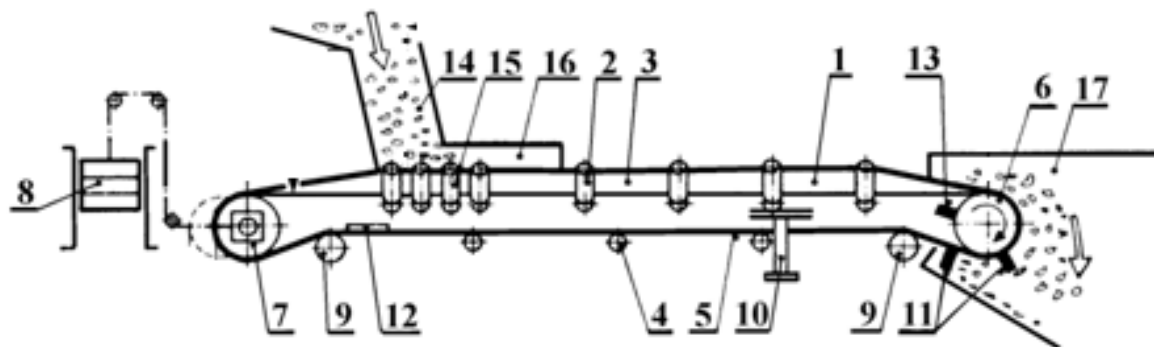
ÚVOD

Pásové dopravníky jsou zařízení využívající tažný element v podobě dopravního pásu k plynulému přemísťování materiálu. Nejčastěji se jedná o sypký partikulární materiál, ale běžná je i přeprava kusových předmětů. Pás je poháněn a napínán bubny a podpírán a veden válečky. Dle úhlu sklonu rozeznáváme pásové dopravníky:

- vodorovné,
- šikmé (dovrchní nebo úpadní),
- strmé (musejí využívat speciální profilové pásy nebo pásy hadicové, kdy je rovný pás postupně zkružen a dopravovaný materiál je jím sevřen).

V praxi se vyskytují tři základní druhy pásových dopravníků:

- stabilní (pevně ukotvené k podloží),
- přenosné a pojízdné (menších rozměrů),
- přestavitelné (dosahujících délky až několik kilometrů). [1]



1 – dopravní pás	7 – vratný buben	13 – čističe bubnu
2 – horní váleček	8 – mechanismus napínání pásu	14 – násypka
3 – horní větev pásu	9 – naváděcí bubny	15 – dopadová stolice
4 – dolní váleček	10 – nosná konstrukce	16 – boční vedení
5 – dolní větev pásu	11 – čističe pásu nosné strany	17 – přesyp
6 – hnací buben	12 – čističe pásu odvrácené strany	

Obr. 1 Schéma pásového dopravníku [6]



1 KONSTRUKČNÍ PRVKY PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

1.1 DOPRAVNÍ PÁS

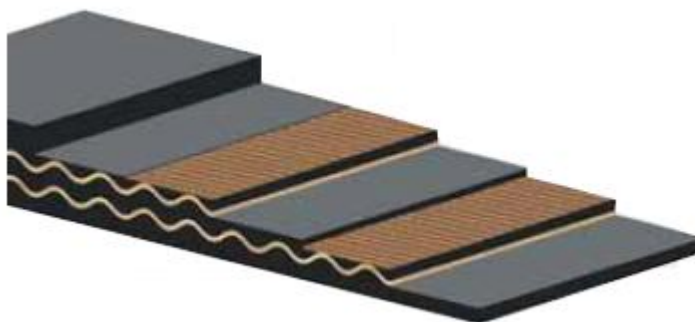
Pás představuje nekonečný tažný element, sloužící k přepravě materiálu. Skládá se z:

- vložky,
- horní ochranné vrstvy,
- dolní stykové vrstvy.

Vložky, jež jsou zodpovědné za přenášení tahové síly, mohou být textilní (z bavlny), syntetické (z reyonu) nebo z ocelových lan. Vnější vrstvy se obvykle zhotovují z:

- PVC (používají se hlavně v lehkých provozech),
- pryže (vyznačují se vyšší odolností),
- oceli (jen pro kratší pásy a menší dopravní rychlosti),
- drátěného pletiva.

Pásy pro menší dopravníky se mohou přímo vyrábět jako nekonečné. Naopak delší pásy jsou řezané a spojují se až při montáži. Spojení se zajišťuje lepením, vulkanizací nebo mechanickými svorkami [1]. Při ohybu pásu kolem bubnu v pásu vzniká normálové napětí, jehož velikost je ovlivněna tloušťkou pásu (resp. počtem vložek) a průměrem bubnu. Minimální přípustné průměry bubnů uvádí výrobci u jednotlivých dopravních pásů.

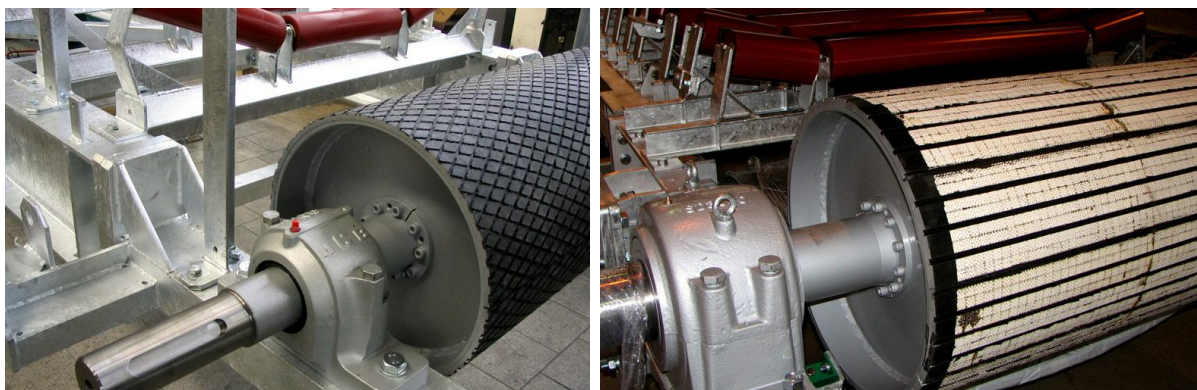


Obr. 2 Vrstvy dopravního pásu [7]



1.2 POHON PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

Dopravní pás je poháněn hnacím bubnem, který bývá připojen nejčastěji odstředivou rozběhovou, hydrodynamickou nebo např. pružnou obručovou spojkou na převodovku a přes další spojku s brzdou k elektromotoru. Brzda slouží k tomu, aby při vypnutí pohonu nedošlo k samovolnému pohybu pásu. Při zapnutém pohonu je odbrzděna elektromagnetem nebo elektrohydraulickým odbrzdovačem. Na místech, kde není zaveden elektrický proud, mohou být použity i malé spalovací motory. V důlních štolách a jiných místech s nebezpečím výbuchu se užívají hydromotory. Existují však i tzv. elektrobubny vybavené asynchronním elektromotorem a převodovkou uvnitř samotného bubnu. Elektrobubny jsou též opatřeny svorkovnicí pro přívod elektrického proudu. Hnací buben by měl být umístěn tak, aby byla přímo napínána nosná větev pásu. Pro lepší vedení pásu může být použit buben s kónickými konci. Velmi důležitým faktorem je hodnota součinitele tření mezi bubnem a pásem. U hladkých ocelových bubnů se pohybuje kolem $f = 0,2$. Vyšší hodnoty součinitele tření mají bubny pogumované, případně bubny obložené keramickými obklady. V takovém případě platí přibližně $f = 0,8$, ale vyskytují se i obklady se součinitelem tření až $f = 0,95$.



Obr. 3 Hnací buben s pryžovým a keramickým obložením [8]



Obr. 4 Elektrobuben [9]

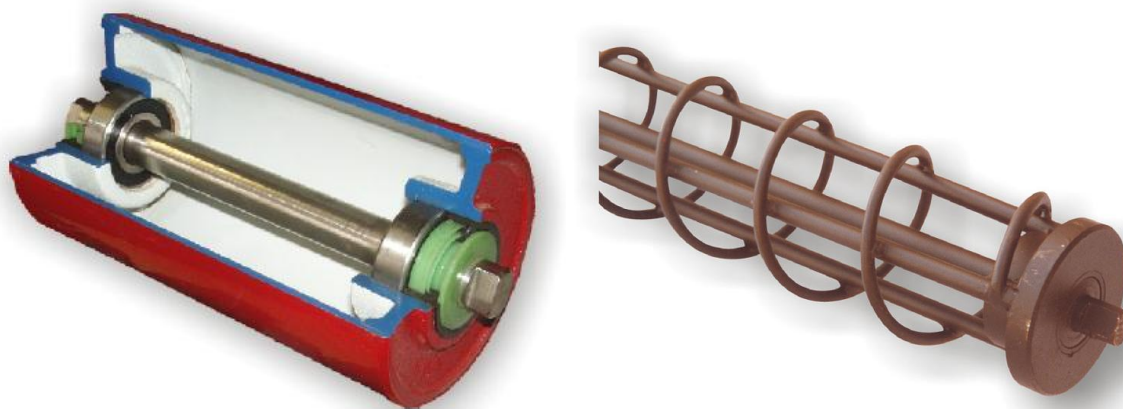


1.3 VÁLEČKY

Vedení a podepření dopravního pásu zabezpečují válečky. Jsou jednou z nejdůležitějších součástí dopravníku, a významně tak ovlivňují jeho vlastnosti. Rozlišujeme dva typy válečků:

- a) Válečky s průběžnou (pevnou) osou, jejichž výhody jsou:
 - snadná montáž,
 - necitlivost na montážní nepřesnosti,
 - menší pohybové odpory.
- b) Válečky bez hřídele (s čepy ve víku) s následujícími přednostmi:
 - menší hmotnost,
 - nižší cena. [1]

Namáhány jsou válečky především v místech přesypů, kde na pás dopadá přepravovaný materiál. Právě proto jsou válečky opatřeny pryžovými disky, které tlumí takto vzniklé rázy. Naopak ve vratné větvi mohou být z důvodu čištění pásu nainstalovány např. válečky s protisměrnými šnekovicemi nebo diskové válečky.



Obr. 5 Řez hladkým válečkem [10] a spirálový váleček [11]



Obr. 6 Diskový váleček [12]



1.4 VÁLEČKOVÉ STOLICE

Válečky bývají uloženy do válečkových stolic. Uspořádání válečků ve stoličce určuje, zda se jedná o rovný (dopravní pás s jedním válečkem) či korýtkový ložný profil, a rozhodujícím způsobem ovlivňuje velikost průřez dopravovaného materiálu. Korýtkový profil bývá nejčastěji zabezpečen dvou-, tří- nebo i víceválečkovou stolicí. Extrémně dlouhé dopravníky, pracující ve špatných provozních podmínkách, využívají tzv. girlandové stolice. Jedná se o skupinu několika válečků zavěšených na nosném prvku. U těchto stolic je eliminována nevýhoda nerovnoměrného zatěžování válečků. Prostřední válečky pevných válečkových stolic jsou totiž namáhány více než krajní. I zde lze tento handicap omezit zkrácením délky prostředního válečku. Samotný průřez je však též ovlivňován mechanickými vlastnostmi materiálu. Různé materiály mohou tvořit odlišné tvary volného povrchu, jako například:

- sedlový,
- parabolický,
- kruhový.

Společně s tvarem volného povrchu je důležitým činitelem i dynamický sypný úhel přepravovaného materiálu. Pro správné vedení pásu lze aplikovat stolice se strážnými válečky nebo tzv. samostavné stolice. [1]

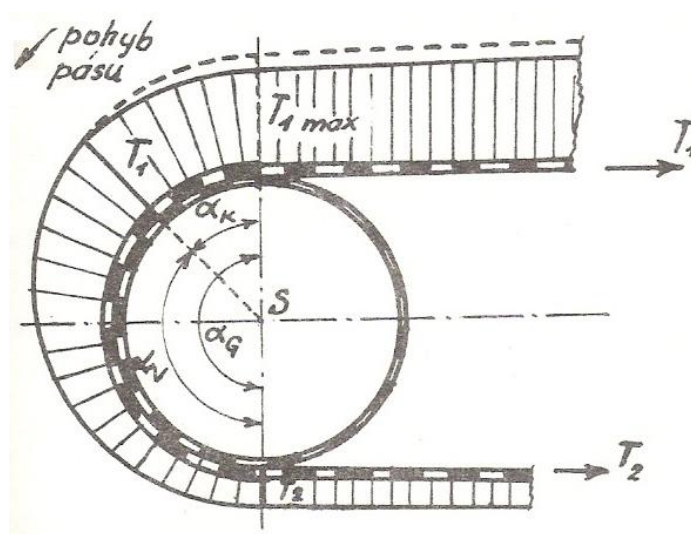


Obr. 7 Dopadové válečkové stolice [13]

1.5 NAPÍNÁNÍ DOPRAVNÍHO PÁSU

K tomu, aby byl možný přenos výkonu z hnacího bubnu na dopravní pás, je nutné zajistit určité předpětí v pásu. Při provozu pásového dopravníku dochází vlivem tahových sil v pásu k jeho protažení. Tento jev je způsoben jednak samotným předpětím, ale rovněž tzv. plazením pásu. Plazením pásu rozumíme relativní pohyb pásu po hnacím bubnu. Tah v pásu totiž po oblouku opásání (resp. po jeho koncové části – v úhlu skluzu) klesá dle Eulerova vztahu a rychlost pásu se zpožďuje za obvodovou rychlostí bubnu [3]. Tento fakt způsobuje přidavné namáhání stykové vrstvy pásu a obložení bubnu. Předpětí pásu a kompenzování jeho délkové dilatace zajišťuje napínací ústrojí. Rozlišujeme 3 základní typy takových ústrojí:

- tuhé (např. šroubem),
- závažím (konstantní napínací silou),
- s regulovatelnou napínací silou (pneumatické, elektrické).



Obr. 8 Plazení pásu [1]

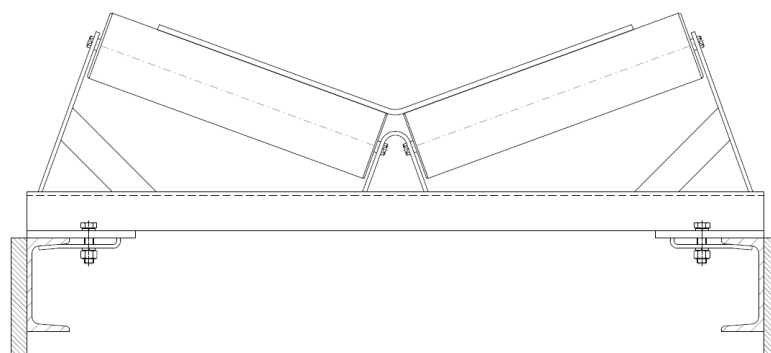


Obr. 9 Napínací buben [14]



1.6 NOSNÁ KONSTRUKCE

Veškeré prvky pásového dopravníku jsou připojeny k nosné konstrukci. Ta přenáší zatížení z pásu i z prvků dopravníku včetně samotné konstrukce přes stojiny do ukotvení [1]. Připojení válečkových stolic bývá často řešeno pomocí pružné příložky uchycené ke stoličce šroubovým spojením, díky kterému svírá nosnou konstrukci. Konstrukce bývá mnohdy svařovaná nebo šroubovaná z plnostěnných profilů (nejčastěji U-profilů, L-profilů nebo I-profilů). Jedná-li se o segmenty větších délek, jde většinou o příhradovou konstrukci (využívají se například i uzavřené profily s kruhovým nebo obdélníkovým profilem). V případě přestavitelných (dálkových a technologických) pásových dopravníků musí být zajištěna možnost jejich rychlé přestavení (tedy montáže a demontáže) a přizpůsobení tak novým podmínkám. Za těchto okolností se nosná konstrukce, někdy dlouhá i několik kilometrů, skládá z menších segmentů, které se k sobě navzájem připojují. Poháněcí a napínací stanice bývá v takových případech řešena zvlášť.



Obr. 10 Přichycení stolic k nosné konstrukci

1.7 PŘÍSLUŠENSTVÍ

Součástmi pásových dopravníků bývá i násypka sloužící k usměrňování přiváděného materiálu na dopravní pás. Boční vedení násypky by se mělo postupně rozšiřovat, aby nemohlo dojít k zaklínění materiálu. Nedílným prvkem je i stěrač pásu. Ten odstraňuje zbytky nalepeného materiálu a nečistoty z dopravního pásu. Hlavním důvodem je skutečnost, že ve vratné větvi se po podpěrných válečkách odvaluje ta strana pásu, která nesla dopravovaný materiál. Pohyb znečištěného pásu po válečkách ve vratné větvi způsobuje opotřebovávání pásu a v nosné větvi zapříčiňuje zmenšení průřezu dopravovaného materiálu, a tím snížení dopravního výkonu. Nemá-li odvod materiálu z pásu řešen přepadáváním přes konec dopravního pásu, užívají se jednostranné nebo šípové shrnovací pluhy. Další variantou může být zařazení shazovacího vozu. [1]



Obr. 11 Stěrač pásu [15]



2 ROZBOR DOPRAVOVANÉHO MATERIÁLU

2.1 VLASTNOSTI HNĚDÉHO UHLÍ

Hnědé uhlí je hornina využívaná jako zdroj tepelné energie vznikající při jejím spalování. Uhlí je hlavním energetickým zdrojem České republiky. Využívá se především jako palivo v tepelných elektrárnách i domácnostech. Podstatná část se rovněž koksuje a následně používá ve vysokých pecích při výrobě železa. Při koksování se z něj získává též dehet. Uplatňuje se i v chemickém průmyslu. Přesněji se jedná o fytogenní kaustobiolit v nižší prouhelňovací fázi. K zařazení do této kategorie musí být splněny následující předpoklady:

- obsah uhlíku: $< 73,5 \%$,
- obsah prchavé hořlaviny: $> 50 \%$,
- výhřevnost na bezpopelové bázi: $< 24 \text{ MJ/kg}$.

Od černého uhlí se liší hodnotou odraznosti světla vitrinitu $R < 0,5 \%$. Vitrinit je nejhojnější složka uhelné hmoty a svým homogenním složením vyjadřuje kvalitu jejích vlastností. Odraznost světla vitrinitu musí být naopak větší $0,3 \%$. Hornina, mající tuto hodnotu menší, se označuje jako rašelina, která má též obsah vody vyšší než 75% a obsah uhlíku menší než 60% [16]. V České republice se od hnědého uhlí odlišuje i tzv. lignit. Celosvětově je lignit považován za nejmladší a nejméně karbonizovanou formu hnědého uhlí [17], z čehož plyne, že je i méně kvalitní.

Tab. 1 Klasifikace typů uhlí [18]

Typ uhlí	Prouhelňovací fáze	Petrografický typ	Hranice odraznosti vitrinitu R [%]
Rašelinné	hemifáze	rašelina	0,3
	ortofáze		
	metafáze		
Hnědouhelné	hemifáze	lignit	0,5
	ortofáze		
	metafáze		
Černouhelné	hemifáze	černé uhlí	2,4
	ortofáze		
	metafáze		
Antracitové	antracitová	Antracit	2,4
	metaantracitová	metaantracit	



2.2 VZNIK A DRUHY

Uhlí je produktem trouchnivění rostlinných a živočišných ostatků. Trouchnivění muselo být doprovázeno zvýšením tlaku a nedostatkem přístupu vzduchu v důsledku zasypávání jinými sedimenty a zvýšením teploty způsobeným tlením organických hmot. Celý proces trvá mnoho desítek milionů let. Většina dnes těženého uhlí pochází z období prvohor a druhohor – tedy před zhruba 100 až 400 miliony let. Z rašeliny se postupně stalo hnědé uhlí a následně i uhlí černé. Pokračoval-li proces i nadále, vznikl nejkvalitnější druh uhlí – tzv. antracit. Čím starší forma uhlí je, tím je kvalitnější a má lepší vlastnosti jako např. výhřevnost. [19]



Obr. 12 Období karbonu [19]

1. Lignit, což je nejmladší forma uhlí, pochází z epochy třetihor (zhruba před 50 miliony let). Prouhelňovací fáze ještě nedošla ke konci, a tak lignit obsahuje zbytky rostlin. Je méně hodnotný a výhřevnost má menší než 17 MJ/kg. Ve světě je lignit též považován za hnědé uhlí rozdíl od České republiky.
2. Hnědé uhlí pochází z období druhohor (před 100 až 200 lety) a je kvalitnější než lignit. Hlavním využitím je spalování v tepelných elektrárnách. Tříděné hnědé uhlí dále dělíme dle zrnitosti na kostku, ořech 1 a ořech 2.
3. Černé uhlí je charakteristické vyšší výhřevností a díky tomu se používá pro výrobu koksu. Černé uhlí začalo vznikat v prvohorách (přibližně před 300 miliony let).
4. Antracit je nejvíce prouhelňným typem uhlí. Je vysoce lesklý a neotírá se. Typický je pro něj vysoký obsah uhlíku – více než 90 %. [19]

Tab. 2 Zrnitost tříděného hnědého uhlí [20]

Druh	Zrnitost [mm]
Kostka	40-100
Ořech 1	20-40
Ořech 2	10-25



Obr. 13 Lignit a hnědé uhlí [19]

2.3 PARAMETRY

Po chemické stránce je uhlí makromolekulární polyaromatická látka. Dominantními prvky zastoupenými v jeho složení jsou uhlík, vodík a kyslík. Kromě nich dále obsahuje malé množství síry a arsenu, které negativně ovlivňují jeho vlastnosti, nebo germanium a uran, jež lze po spálení dále využít. Konkrétní složení jednotlivých typů je přibližně následující:

- rašelina: $C_{50}H_{60}O_{20}$,
- hnědé uhlí: $C_{60}H_{60}O_{12}$,
- černé uhlí: $C_{70}H_{50}O_7$,
- antracit: $C_{78}H_{30}O_{27}$ [21].

Tab. 3 Vybrané vlastnosti základních typů uhlí [21]

Typ uhlí	Obsah uhlíku [%]	Obsah vodíku [%]	Obsah kyslíku [%]	Výhřevnost [MJ/kg]
Rašelina	50 – 60	33 – 40	4,5 – 6	< 14,7
Lignit	< 65	19 – 33	< 6	14,7 – 17,0
Hnědé uhlí	65 – 69	10 – 19	< 6	17,0 – 24,4
Černé uhlí	69 – 92	10 – 2	< 5	24,4 – 32,6
Antracit	86 - 98	< 2	< 3	> 32,6

2.4 TĚŽBA

Hnědé uhlí je ve většině případů uloženo nehluboko pod povrchem, což umožňuje jeho snazší a levnější těžbu. Lze jej těžit skryvkou, tedy odstraněním vrstev hornin ležících nad ložiskem hnědého uhlí a umožněním jeho povrchové těžby. Světové zásoby hnědého uhlí se odhadují na 250 mld. tun. Budeme-li uvažovat i lignit, jde o asi 400 mld. tun. Ročně se ve světě vytěží necelá 1 mld. tun. [22]



Tab. 4 Srovnání celosvětové produkce hnědého uhlí za rok 2008 [22]

Stát	Produkce [mil. t / rok]
Německo	175,31
Čína	101,12
Rusko	76,04
Turecko	72,49
Austrálie	72,40
Česká Republika	47,87

Zásoby hnědého uhlí na území České Republiky se pohybují kolem 1760 mil. tun. Roku 1991 byla však stanovena vyhláška územních limitů těžby hnědého uhlí v severních Čechách. Ta zakazuje těžbu asi 900 mil. tun hnědého uhlí. Hlavním důvodem je ochrana životního prostředí, které je povrchovou těžbou silně ovlivňováno. Poněvadž je ale hnědé uhlí významným zdrojem energie v ČR, vyskytují se snahy tuto vyhlášku přehodnotit [23]. Nejvýznamnější naleziště se nacházejí podél Krušných hor na severozápadě ČR. Jedná se především o Severočeskou pánev, Chebskou pánev, Sokolovskou pánev a Žitavskou pánev. Největší z nich je pánev Severočeská, která představuje asi $\frac{3}{4}$ tuzemské produkce, a dělí se na další tři části (Chomutovská, Mostecká a Teplická). [16]



Obr. 14 Pánev Chebská (1), Sokolovská (2), Severočeská (3), Žitavská (4) [16]

Tab. 5 Energetické vlastnosti základních paliv [24]

Palivo	Výhřevnost Q_i^r [MJ/kg]	Obsah vody W_t^r [%]	Obsah popela A^d [%]
Hnědé uhlí (Mostecká uhelná společnost)	20,0	26,5	10,0
Hnědé uhlí (Severočeské doly)	17,6	30,2	9,8
Černé uhlí (Ostravsko-karvinské doly)	30,5	6,5	6,5
Koks	28,0	4,0	9,5



2.5 NAVRŽENÍ ALTERNATIVNÍCH MATERIÁLŮ

Vzhledem k podobným mechanickým vlastnostem lze jako alternativní materiál použít koks, strusku, černé uhlí tažené z dolů a tříděné uhlí. Zvolení materiálu s vyšší sypnou hmotností je doprovázeno nárůstem pohybových odporů. S přihlédnutím na požadovaný dopravní výkon by však bylo možné dopravovat pouze černé uhlí tažené z dolů a to z důvodu menší objemové sypné hmotnosti koksu, strusky i tříděného uhlí.

Tab. 6 Mechanické vlastnosti vybraných materiálů [2, 25]

Dopravovaný materiál	Objemová sypná hmotnost γ [kg/m ³]	Sypný úhel ρ [°]	Dynamický sypný úhel ψ_D [°]	Maximální sklon dopravníku δ [°]
Hlína	1400-1600	30	20	18-22
Kámen	1500-2000	30	15	18
Koks	350-500	20	15	17
Obilná zrna, mouka	400-800	20	10	17
Písek suchý	1300-1600	30	10-15	20
Písek vlhký	2000	35	10-15	27
Ruda	1800-3000	20	15	18
Struska	600-1000	30	15	22
Štěrka	1800-2000	20	18	18
Uhlí černé z dolů	850-1100	20	15-18	18
Uhlí hnědé z dolů	800-1000	20	15-20	18
Uhlí tříděné	650-1000	30	15-20	17-22



3 FUNKČNÍ VÝPOČET PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

3.1 ZADANÉ PARAMETRY

Dopravní výkon:	$Q = 210000 \text{ kg} \cdot \text{hod}^{-1}$	
Osová vzdálenost přesypů:	$L = 260 \text{ m}$	(1)
Výškový rozdíl:	$H = 26 \text{ m}$	
Dopravovaný materiál:	hnědé uhlí	

3.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Dle literatury [2] strana 151, tabulka 8.5 bývá objemová sypaná hmotnost hnědému netříděného uhlí v rozmezí $\gamma = (800 \div 1000) \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ a jeho sypaný úhel $\rho = 20^\circ$. Dále zdroj [25] strana 21, tabulka 3.1 uvádí interval dynamického sypaného úhlu $\psi_D = (15 \div 20)^\circ$. Literatura [4] strana 138 uvádí hustotu oceli $\rho_{ocel} = 7850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (2)

Objemová sypaná hmotnost:	$\gamma = 900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	zvoleno (2)	
Sypaný úhel:	$\rho = 20^\circ$	zvoleno (2)	(3)
Dynamický sypaný úhel:	$\psi_D = 18^\circ$	zvoleno (2)	

3.3 VÝPOČET ÚHLU SKLONU PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

$$\delta = \arcsin \frac{H}{L} \quad (4)$$

kde:

$H = 26 \text{ m}$	zadáno (1)
$L = 260 \text{ m}$	zadáno (1)

$$\delta = \arcsin \frac{26 \text{ m}}{260 \text{ m}}$$

$$\delta = 5,72^\circ = 5^\circ 43'$$

3.4 VOLBA JMENOVITÉ DOPRAVNÍ RYCHLOSTI

Dle literatury [2] strana 148, tabulka 8.3 se jmenovitá dopravní rychlost pásu pro uhlí volí v rozmezí $v = (1,6 \div 2,5) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. (5)

Jmenovitá dopravní rychlost pásu pro uhlí:	$v = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	zvoleno (5)	(6)
--	---------------------------------------	-------------	-----



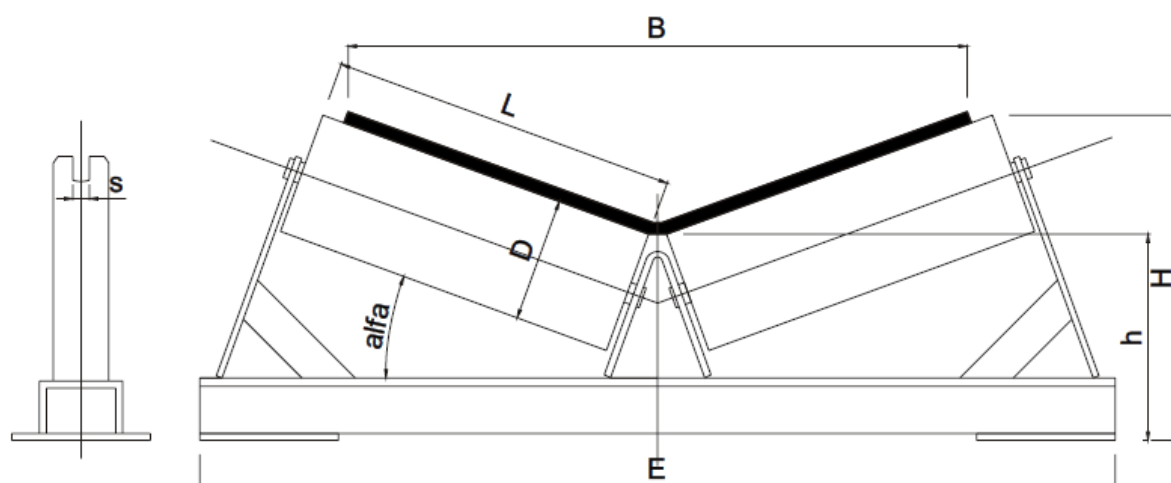
3.5 VÝPOČET PLOCHY PRŮŘEZU NÁPLNĚ PÁSU

3.5.1 VOLBA VÁLEČKOVÉ STOLICE, VÁLEČKŮ A DOPRAVNÍHO PÁSU

Vzhledem k povaze dopravovaného materiálu, jeho množství a jmenovité dopravní rychlosti je volena dvouválečková stolice od firmy AMG-Karel Pícha, s.r.o. s objednacím označením „PHD 650/Ø89/ 20st.“ s následujícími parametry:

Tab. 7 Hlavní rozměry válečkové stolice [26]

Pro šíři pásu B [mm]	Ø válečků D [mm]	délka válečků L [mm]	Šířka plošky hřídele S [mm]	Celková délka E [mm]	H [mm]	h [mm]	Hmotnost [kg]
650	89	380	12	950	280	150	6,0



Obr. 15 Náčres válečkové stolice [26]

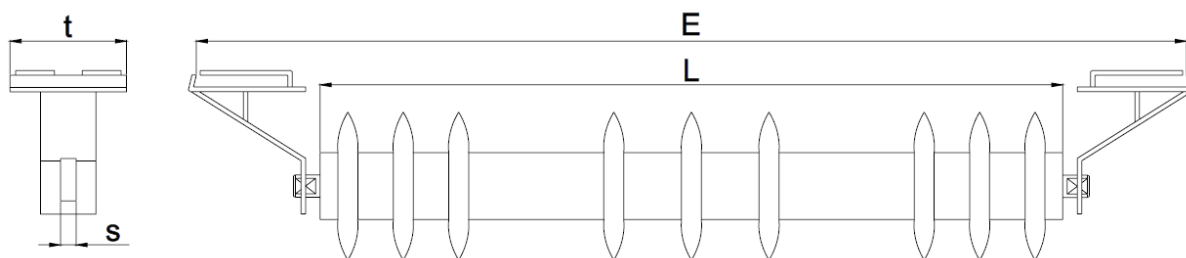
Sklon bočních válečků ve stolici:	$\beta = 20^\circ$	dáno (Tab. 7)	(7)
Šířka dopravního pásu:	$B = 650\text{mm}$	dáno (Tab. 7)	
Rozteč stolic v horní větvi dopravníku:	$a_1 = 1,5\text{m}$	dle konstrukce	



Držáky spodních válečků jsou voleny od firmy AMG-Karel Pícha, s.r.o. s objednacím označením „DSV 650/Ø89/12“ s následujícími parametry:

Tab. 8 Hlavní rozměry držáků spodních válečků [26]

Pro šíři pásu B [mm]	Ø válečků D [mm]	délka válečků L [mm]	Šířka plošky hřídele S [mm]	Celková délka E [mm]	t [mm]	Hmotnost [kg]
650	89	750	12	950	105	6,0



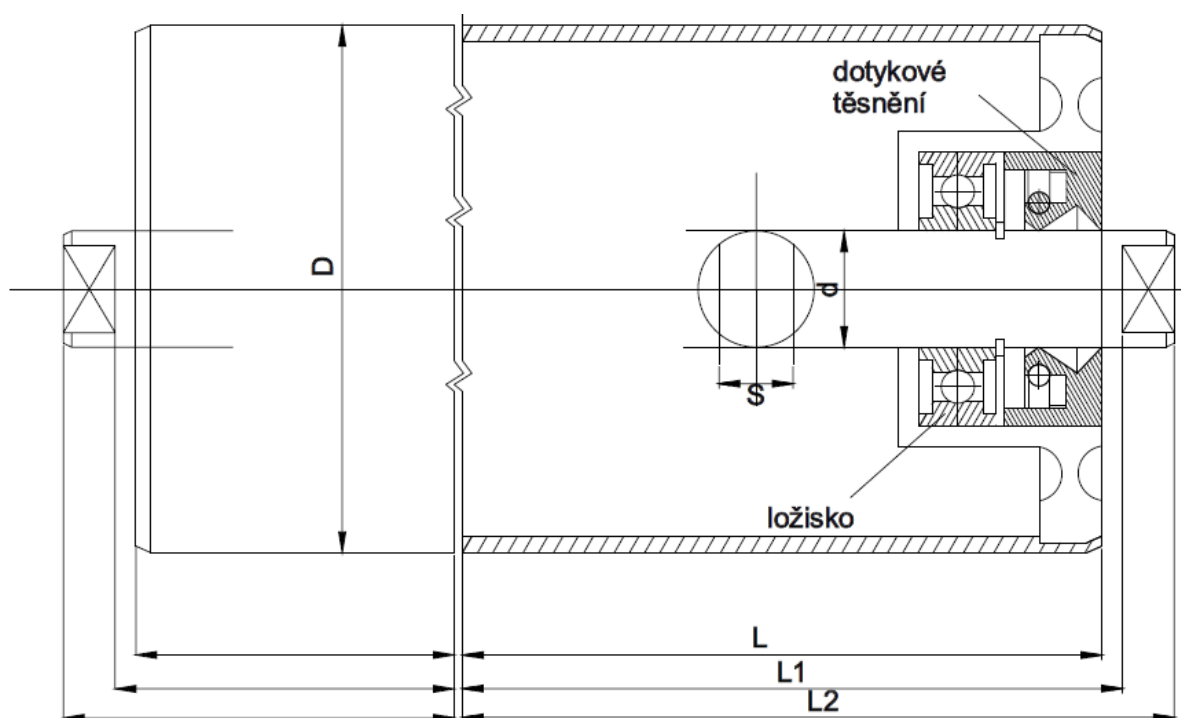
Obr. 16 Náskres držáků spodních válečků [26]

Rozteč stolic v dolní větvi dopravníku: $a_2 = 3m$ dle konstrukce (8)

Válečky do horní stolice jsou voleny od firmy AMG-Karel Pícha, s.r.o. s objednacím označením „Ø89/380/6202/15/12“ s následujícími parametry:

Tab. 9 Hlavní rozměry válečku [26]

L [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	Ø D [mm]	Ø d [mm]	S [mm]	Hmotnost [kg]
380	388	408	89	15	12	4,1



Obr. 17 Náčres válečku [26]

Délka válečků v horní stolici:	$a = 380\text{mm}$	dáno (Tab. 9)	
Hmotnost celého horního válečku:	$m_1 = 4,1\text{kg}$	dáno (Tab.9)	(9)
Průměr nerotující hřídele horního válečku:	$d_1 = 0,015\text{m}$	dáno (Tab.9)	
Délka nerotující hřídele horního válečku:	$L2_1 = 0,408\text{m}$	dáno (Tab.9)	

Hmotnost nerotující hřídele horního válečku:

$$m_{1N} = \rho_{ocel} \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot L2_1 \quad (10)$$

kde:

$$\rho_{ocel} = 7850\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad \text{dáno (2)}$$

$$d_1 = 0,015\text{m} \quad \text{dáno (9)}$$

$$L2_1 = 0,408\text{m} \quad \text{dáno (9)}$$

$$m_{1N} = 7850\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \frac{\pi \cdot 0,015^2 \text{m}^2}{4} \cdot 0,408\text{m}$$

$$m_{1N} = 0,6\text{kg}$$



Hmotnost rotujících částí válečku v horní stolici:

$$q_1 = m_1 - m_{1N} \quad (11)$$

kde:

$$m_1 = 4,1kg$$

dáno (9)

$$m_{1N} = 0,6kg$$

vypočteno (10)

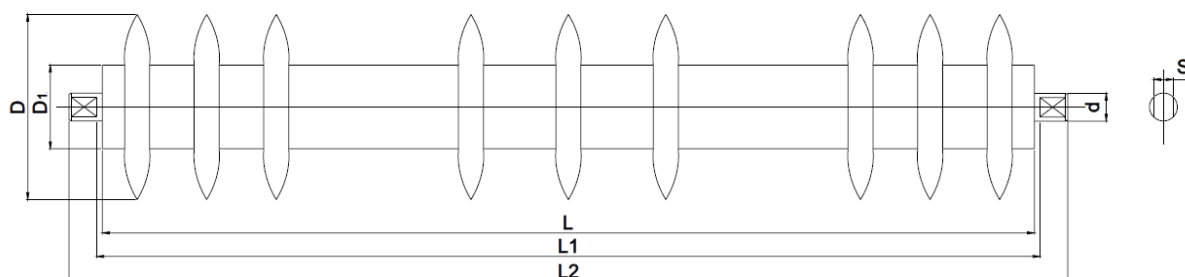
$$q_1 = 4,1kg - 0,6kg$$

$$q_1 = 3,5kg$$

Válečky do dolní stolice jsou též voleny od firmy AMG-Karel Pícha, s.r.o. s objednacím označením „Ø159/89/750/6204/20/14“ s následujícími parametry:

Tab. 10 Hlavní rozměry válečku [26]

L [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	Počet disků	Ø D [mm]	Ø D1 [mm]	Ø d [mm]	S [mm]	Hmotnost [kg]
750	758	798	11	159	89	20	14	18,7



Obr. 18 Náskres válečku [26]

Hmotnost celého dolního válečku: $m_2 = 18,7\text{kg}$ dáno (Tab.10)
 Průměr nerotující hřídele dolního válečku: $d_2 = 0,02\text{m}$ dáno (Tab.10)
 Délka nerotující hřídele dolního válečku: $L2_2 = 0,798\text{m}$ dáno (Tab.10)

Hmotnost nerotující hřídele dolního válečku:

$$m_{2N} = \rho_{ocel} \cdot \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot L2_2 \quad (13)$$

kde:

$$\rho_{ocel} = 7850\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad \text{dáno (2)}$$

$$d_2 = 0,02\text{m} \quad \text{dáno (12)}$$

$$L2_2 = 0,798\text{m} \quad \text{dáno (12)}$$

$$m_{2N} = 7850\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \frac{\pi \cdot 0,02^2 \text{m}^2}{4} \cdot 0,798\text{m}$$

$$m_{2N} = 2\text{kg}$$

Hmotnost rotujících částí válečku v dolní stolici:

$$q_2 = m_2 - m_{2N} \quad (14)$$

kde:

$$m_2 = 18,7\text{kg} \quad \text{dáno (12)}$$

$$m_{2N} = 2\text{kg} \quad \text{vypočteno (13)}$$

$$q_2 = 18,7\text{kg} - 2\text{kg}$$

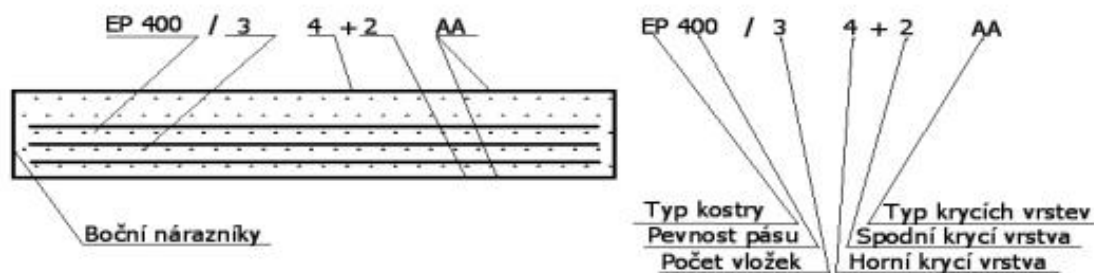
$$q_2 = 16,7\text{kg}$$



Dopravní pás je volen od firmy GUMEX, spol.s r.o. s kódem objednávky „0865066“ s následujícími parametry:

Tab. 11 Parametry dopravního pásu [27]

Typ	Počet vložek	Šířka [mm]	Krycí vrstvy	Tloušťka [mm]	Minimální průměr hnacího bubnu [mm]	Hmotnost [kg/m]	Pevnost [N/mm]
EP 250	2	650	3+2	6,8	200	6	250



Obr. 19 Příklad značení dopravního pásu [7]

Hmotnost 1 metru dopravního pásu:

$$q_B = 6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \quad \text{dáno (Tab. 11)} \quad (15)$$

Pevnost pásu:

$$R_{mp} = 250 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1} \quad \text{dáno (Tab. 11)}$$



3.5.2 VÝPOČET TEORETICKY POTŘEBNÉ PLOCHY PRŮŘEZU NÁPLNĚ PÁSU

$$S_T = \frac{Q}{3600 \cdot \gamma \cdot v} \quad (16)$$

kde:

$$\begin{aligned} Q &= 210000 \text{ kg} \cdot \text{hod}^{-1} && \text{zadáno (1)} \\ \gamma &= 900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} && \text{zvoleno (3)} \\ v &= 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} && \text{zvoleno (6)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_T &= \frac{210000 \text{ kg} \cdot \text{hod}^{-1}}{3600 \text{ s} \cdot \text{hod}^{-1} \cdot 900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} \\ S_T &= 0,032 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3.5.3 VOLBA ŠÍŘKY PÁSU

Dle literatury [1] strana 149, tabulka 8.4 vzhledem k teoretickému průřezu náplně pásu, synpnému úhlu a zvolenému typu stolice:

Šířka pásu:

$$B = 650 \text{ mm} \quad [1] \quad (17)$$

Ložná šířka pásu:

$$b = 0,9 \cdot B - 50 \text{ mm} \quad (18)$$

kde:

$$B = 650 \text{ mm} \quad \text{dáno (17)}$$

$$b = 0,9 \cdot 650 \text{ mm} - 50 \text{ mm}$$

$$b = 535 \text{ mm}$$

Světlá šířka bočního vedení:

$$b_1 = a \cdot [1 - \cos(\beta)] + b \cdot \cos(\beta) \quad (19)$$

kde:

$$a = 380 \text{ mm} \quad \text{dáno (8)}$$

$$b = 535 \text{ mm} \quad \text{vypočteno (18)}$$

$$\beta = 20^\circ \quad \text{dáno (7)}$$

$$b_1 = 380 \text{ mm} \cdot [1 - \cos(20^\circ)] + 535 \cdot \cos(20^\circ)$$

$$b_1 = 503 \text{ mm}$$

**3.5.4 VÝPOČET PLOCHY PRŮŘEZU VRCHLÍKU**

$$S_1 = \frac{1}{6} \cdot b_1^2 \cdot \tan(\psi_D) \quad (20)$$

kde:

$$b_1 = 503mm$$

vypočteno (19)

$$\psi_D = 18^\circ$$

zvoleno (3)

$$S_1 = \frac{1}{6} \cdot 503^2 mm^2 \cdot \tan(18^\circ)$$

$$S_1 = 0,014m^2$$

3.5.5 VÝPOČET PLOCHY PRŮŘEZU KORÝTKA

$$S_2 = \frac{1}{4} \cdot b_1 \cdot b \cdot \sin(\beta) \quad (21)$$

kde:

$$b_1 = 503mm$$

vypočteno (19)

$$b = 535mm$$

vypočteno (18)

$$\beta = 20^\circ$$

dáno (7)

$$S_2 = \frac{1}{4} \cdot 503mm \cdot 535mm \cdot \sin(20^\circ)$$

$$S_2 = 0,023m^2$$

3.5.6 VÝPOČET CELKOVÉ PLOCHY PRŮŘEZU

$$S = S_1 + S_2 \quad (22)$$

kde:

$$S_1 = 0,014m^2$$

vypočteno (20)

$$S_2 = 0,023m^2$$

vypočteno (21)

$$S = 0,014m^2 + 0,023m^2$$

$$S = 0,037m^2$$



3.5.7 VÝPOČET OBJEMOVÉHO DOPRAVNÍHO VÝKONU

$$I_V = S \cdot v \quad (23)$$

kde:

$$S = 0,037 m^2 \quad \text{vypočteno (22)}$$

$$v = 2 m \cdot s^{-1} \quad \text{zvoleno (6)}$$

$$I_V = 0,037 m^2 \cdot 2 m \cdot s^{-1}$$

$$I_V = 0,073 m^3 \cdot s^{-1}$$

3.5.8 VÝPOČET HMOTNOSTNÍHO DOPRAVNÍHO VÝKONU

$$I_m = I_V \cdot \gamma \quad (24)$$

kde:

$$I_V = 0,073 m^3 \cdot s^{-1} \quad \text{vypočteno (23)}$$

$$\gamma = 900 kg \cdot m^{-3} \quad \text{zvoleno (3)}$$

$$I_m = 0,073 m^3 \cdot s^{-1} \cdot 900 kg \cdot m^{-3}$$

$$I_m = 66,032 kg \cdot s^{-1}$$

3.5.9 KONTROLA DOPRAVNÍHO VÝKONU

$$I_m \geq Q$$

$$66,032 kg \cdot s^{-1} \geq 58,333 kg \cdot s^{-1} \quad \text{Vyhovuje.}$$

Součinitel korekce vrchlíku náplně pásu:

$$k_1 = \sqrt{1 - \frac{(\sin \delta)^2}{(\sin \psi_D)^2}} \quad (25)$$

kde:

$$\delta = 5,72^\circ \quad \text{vypočteno (4)}$$

$$\psi_D = 18^\circ \quad \text{zvoleno (3)}$$

$$k_1 = \sqrt{1 - \frac{(\sin 5,72^\circ)^2}{(\sin 18^\circ)^2}}$$

$$k_1 = 0,947$$



Součinitel sklonu:

$$k_p = 1 - \frac{S_1}{S} \cdot (1 - k_1) \quad (26)$$

kde:

$$S_1 = 0,014m^2 \quad \text{vypočteno (20)}$$

$$S = 0,037m^2 \quad \text{vypočteno (22)}$$

$$k_1 = 0,947 \quad \text{vypočteno (25)}$$

$$k_p = 1 - \frac{0,014m^2}{0,037m^2} \cdot (1 - 0,947)$$

$$k_p = 0,98$$

Skutečná plocha průřezu náplně pásu:

$$S_k = S \cdot k_p \quad (27)$$

kde:

$$S = 0,037m^2 \quad \text{vypočteno (22)}$$

$$k_p = 0,98 \quad \text{vypočteno (26)}$$

$$S_k = 0,037m^2 \cdot 0,98$$

$$S_k = 0,036m^2$$

Kontrola pásu na potřebný ložný prostor:

$$S_k \geq S_T$$

$$0,036m^2 \geq 0,032m^2 \quad \text{Vyhovuje.}$$

3.6 VÝPOČET POHYBOVÉHO ODPORU

$$F_U = F_H + F_N + F_{S1} + F_{S2} + F_{St} \quad (28)$$

kde:

$$F_H + F_N = 4266N \quad \text{vypočteno (29)}$$

$$F_{S1} = 0N \quad \text{vypočteno (35)}$$

$$F_{S2} = 314N \quad \text{vypočteno (36)}$$

$$F_{St} = 8418N \quad \text{vypočteno (41)}$$

$$F_U = 4266N + 0N + 314N + 8418N$$

$$F_U = 12998N$$



3.6.1 VÝPOČET SOUČTU HLAVNÍCH A VEDLEJŠÍCH ODPORŮ

Norma [5] uvádí, že pro dopravníky s osovou vzdáleností větší než 80 m jsou vedlejší odpory podstatně nižší než hlavní a lze je vypočítat dohromady s hlavními odpory pomocí součinitele hlavního odporu C , který je závislý na délce dopravníku.

$$F_H + F_N = C \cdot f \cdot L \cdot g \cdot [q_{RO} + q_{RU} + (2 \cdot q_B + q_G) \cdot \cos(\delta)] \quad (29)$$

kde:

Dle normy [5] strana 14, obrázek 1 odpovídá délce dopravníku 260 m
součinitel vedlejších odporů:

$$C = 1,4 \quad \text{dáno}$$

Dle literatury [1] strana 16 se hodnota globálního součinitele tření pro
nepříznivé provozní podmínky volí z intervalu $f = (0,023 \div 0,025)$

$$f = 0,024 \quad \text{zvoleno}$$

Osová vzdálenost přesypů:

$$L = 260m \quad \text{zadáno (1)}$$

Gravitační zrychlení:

$$g = 9,81m \cdot s^{-2} \quad \text{dáno}$$

Tíhová síla od rotujících částí horních válečků na 1 metr délky dopravníku:

$$q_{RO} = \frac{2 \cdot p_1 \cdot q_1}{L} \quad (30)$$

kde:

počet řad válečků v horní větvi dopravníku:

$$p_1 = \frac{L}{a_1} \quad (31)$$

kde:

$$\begin{aligned} L &= 260m && \text{zadáno (1)} \\ a_1 &= 1,5m && \text{dle konstrukce (7)} \end{aligned}$$

$$p_1 = \frac{260m}{1,5m}$$

$$p_1 = 173$$

hmotnost rotujících částí válečku v horní stolici:

$$q_1 = 3,5kg \quad \text{vypočteno (11)}$$

$$q_{RO} = \frac{2 \cdot 173 \cdot 3,5kg}{260m}$$

$$q_{RO} = 4,7kg \cdot m^{-1}$$



Tíhová síla od rotujících částí dolních válečků na 1 metr délky dopravníku:

$$q_{RU} = \frac{p_2 \cdot q_2}{L} \quad (32)$$

kde:

počet řad válečků v dolní větvi dopravníku:

$$p_2 = \frac{L}{a_2} \quad (33)$$

kde:

$$L = 260m \quad \text{zadáno (1)}$$

$$a_2 = 1,5m \quad \text{dle konstrukce (8)}$$

$$p_2 = \frac{260m}{3m}$$

$$p_2 = 86$$

hmotnost rotujících částí válečku v dolní stolici:

$$q_2 = 16,7kg \quad \text{vypočteno (14)}$$

$$q_{RU} = \frac{86 \cdot 16,7kg}{260m}$$

$$q_{RU} = 5,5kg \cdot m^{-1}$$

Tíhová síla od 1 metru pásu:

$$q_B = 6kg \cdot m^{-1} \quad \text{dáno (15)}$$

Tíhová síla dopravovaného materiálu na 1 metr pásu:

$$q_G = \frac{I_v \cdot \gamma}{v} \quad (34)$$

kde:

$$I_v = 0,073m^3 \cdot s^{-1} \quad \text{vypočteno (23)}$$

$$\gamma = 900kg \cdot m^{-3} \quad \text{zvoleno (2)}$$

$$v = 2m \cdot s^{-1} \quad \text{zvoleno (6)}$$

$$q_G = \frac{0,073m^3 \cdot s^{-1} \cdot 900kg \cdot m^{-3}}{2m \cdot s^{-1}}$$

$$q_G = 33kg \cdot m^{-1}$$

Úhel sklonu pásového dopravníku:

$$\delta = 5,72^\circ \quad \text{vypočteno (4)}$$

$$F_H + F_N = 1,4 \cdot 0,024 \cdot 260m \cdot 9,81m \cdot s^{-2} \cdot [4,7kg \cdot m^{-1} + 5,5kg \cdot m^{-1} + (2 \cdot 6kg \cdot m^{-1} + 33kg \cdot m^{-1}) \cdot \cos(5,72^\circ)]$$

$$F_H + F_N = 4266N$$



3.6.2 VÝPOČET PŘÍDAVNÝCH ODPORŮ

Přídavné hlavní odpory jsou nulové, jelikož se na dopravníku nevyskytují žádné válečky vychýlené ve směru pohybu pásu ani boční vedení po celé délce dopravníku:

$$F_{S1} = 0N \quad (35)$$

Přídavné vedlejší odpory:

$$F_{S2} = F_r + F_{gL} \quad (36)$$

kde:

odpor čističů pásu:

$$F_r = A \cdot p \cdot \mu_3 \quad (37)$$

kde:

dotyková plocha mezi pásem a čističem pásu:

$$A = 0,0065m^2 \quad \text{dle konstrukce}$$

tlak mezi čističem pásu a pásem:

$$p = (3 \cdot 10^4 \div 10 \cdot 10^4) N \cdot m^{-2}$$

$$p = 6 \cdot 10^4 N \cdot m^{-2} \quad \text{zvoleno}$$

Součinitel tření mezi pásem a čističem pásu dle zdroje [28]:

$$\mu_3 = 0,6 \quad \text{dáno}$$

$$F_r = 0,0065m^2 \cdot 60000N \cdot m^{-2} \cdot 0,6$$

$$F_r = 234N$$

odpor tření o boční stěny násypky:

$$F_{gL} = \frac{\mu_2 \cdot I_v^2 \cdot \gamma \cdot g \cdot l}{v^2 \cdot b_l^2} \quad (38)$$

kde:

součinitel tření mezi materiálem a bočním vedením dle literatury [2] strana 25:

$$\mu_2 = 0,7$$

objemový dopravní výkon:

$$I_v = 0,073m^3 \cdot s^{-1} \quad \text{vypočteno (23)}$$

objemová sypná hmotnost:

$$\gamma = 900kg \cdot m^{-3} \quad \text{zvoleno (2)}$$

délka bočního vedení bývá dle literatury [2] strana 78 1÷2,5m:

$$l = 2m \quad \text{dle konstrukce}$$



jmenovitá rychlost pásu:

$$v = 2m \cdot s^{-1} \quad \text{zvoleno (6)}$$

šířka mezi bočním vedením bývá dle literatury [2] strana

$$78: b_l = (0,6 \div 0,8) \cdot B$$

$$b_l = 0,7 \cdot B \quad (39)$$

kde:

$$B = 650mm \quad \text{dáno (17)}$$

$$b_l = 0,7 \cdot 650mm$$

$$b_l = 0,455m$$

$$F_{gL} = \frac{0,7 \cdot 0,073m^3 \cdot s^{-1} \cdot 900kg \cdot m^{-3} \cdot 9,81m \cdot s^{-2} \cdot 2m \cdot}{2^2 m^2 \cdot s^{-2} \cdot 0,455^2 m^2} \quad (40)$$

$$F_{gL} = 80N$$

$$F_{S2} = 234N + 80N$$

$$F_{S2} = 314N$$

3.6.3 VÝPOČET ODPORU K PŘEKONÁNÍ DOPRAVNÍ VÝŠKY

$$F_{St} = q_G \cdot H \cdot g \quad (41)$$

kde:

$$q_G = 33kg \cdot m^{-1}$$

vypočteno (34)

$$H = 26m$$

zadáno (1)

$$g = 9,81m \cdot s^{-2}$$

dáno

$$F_{St} = 33kg \cdot m^{-1} \cdot 26m \cdot 9,81m \cdot s^{-2}$$

$$F_{St} = 8418N$$



3.7 VOLBA POHONU

3.7.1 POTŘEBNÝ PROVOZNÍ VÝKON POHONU NA POHÁNĚCÍM BUBNU

$$P_A = F_U \cdot v \quad (42)$$

kde:

$$F_U = 12998 N \quad \text{vypočteno (28)}$$

$$v = 2 m \cdot s^{-1} \quad \text{zvoleno (6)}$$

$$P_A = 12998 N \cdot 2 m \cdot s^{-1}$$

$$P_A = 25,996 kW$$

3.7.2 POTŘEBNÝ PROVOZNÍ VÝKON POHÁNĚCÍHO MOTORU

$$P_M = \frac{P_A}{\eta_1} \quad (43)$$

kde:

Provozní výkon na poháněcím bubnu:

$$P_A = 25,996 kW \quad \text{vypočteno (42)}$$

Účinnost poháněcího motoru se dle normy [5] strana 9 volí z rozmezí:

$$\eta_1 = 0,85 \div 0,95$$

$$\eta_1 = 0,9 \quad \text{zvoleno}$$

$$P_M = \frac{25,996 kW}{0,9}$$

$$P_M = 28,884 kW$$

3.7.3 POTŘEBNÝ PROVOZNÍ VÝKON POHÁNĚCÍHO MOTORU ZVÝŠENÝ O 50% KVŮLI ROZBĚHU

$$P = P_M \cdot 1,5 \quad (44)$$

kde:

$$P_M = 28,884 kW \quad \text{vypočteno (43)}$$

$$P = 28,884 kW \cdot 1,5$$

$$P = 43,326 kW$$

Elektromotor je volen od firmy Sigmet spol. s r.o. s označením „DM1 225 M 4“ s následujícími parametry:

Tab. 12 Parametry elektromotoru DM1 225 M 4 [29]

Výkon [kW]	Váha [kg]	Napětí [V]	Izolace	Frekvence [Hz]	Provedení	Otáčky [min ⁻¹]	Počet pólů
45	322	400/690	F	50	IM B3	1480	4



Obr. 20 Elektromotor DM1 225 M 4 [29]

Hnací buben je volen od firmy GTK spol. s r.o. s následujícími parametry [8]:

Průměr hnacího bubnu:

$$D_b = 320mm \quad \text{dáno}$$

Délka hnacího bubnu:

$$L_b = 750mm \quad \text{dáno}$$

Součinitel rozběhu dle normy [5] strana 10: $\xi = 1,3 \div 2$.

$$\xi = 1,7 \quad \text{zvoleno}$$

Součinitel tření mezi poháněcím bubnem a pásem dle normy [5] strana 13:

$$\mu = 0,25 \div 0,3. \quad (45)$$

$$\mu = 0,28 \quad \text{zvoleno}$$

Úhel opásání poháněcího bubnu:

$$\varphi = 3,1 \quad \text{dle konstrukce}$$

Největší relativní průvěs pásu mezi válečkovými stolicemi dle normy [5] strana 10:

$$\left(\frac{h}{a}\right)_{adm} = 0,005 \div 0,02.$$

$$\left(\frac{h}{a}\right)_{adm} = 0,013 \quad \text{zvoleno}$$



3.7.4 VÝSTUPNÍ OTÁČKY PŘEVODOVKY

$$n_p = \frac{v}{\pi \cdot D_b} \quad (46)$$

kde:

$$v = 2m \cdot s^{-1}$$

zvoleno (6)

$$D_b = 320mm$$

dáno (45)

$$n_p = \frac{2m \cdot s^{-1}}{\pi \cdot 0,32m}$$

$$n_p = 2s^{-1} = 120 \min^{-1}$$

3.8 SÍLY V PÁSU

Norma [5] stanovuje dvě podmínky, které musejí být splněny, aby byl provoz dopravníku správný:

- Musí být zaručen minimální tah v pásu, který zaručí, aby obvodová hnací síla byla z hnacího bubnu na pás přenášena třením bez prokluzu.
- Musí být zaručen minimální tah v pásu, který zabrání přílišnému průvěsu pásu mezi dvěma válečkovými stolicemi.

3.8.1 PŘENOS OBVODOVÉ SÍLY NA POHÁNĚCÍM BUBNU

$$F_{2\min} \geq F_{U\max} \cdot \frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1} \quad (47)$$

kde:

$$F_{U\max} = F_1 = F_U \cdot \xi \cdot \left(\frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1} + 1 \right) \quad (48)$$

kde:

$$F_U = 12998N$$

vypočteno (28)

$$\xi = 1,7$$

zvoleno (45)

$$\mu = 0,28$$

zvoleno (45)

$$\varphi = 3,1$$

dle konstrukce

$$F_{U\max} = F_1 = 12998N \cdot 1,7 \cdot \left(\frac{1}{e^{0,283,1} - 1} + 1 \right)$$

$$F_{U\max} = F_1 = 38084N$$

$$F_{2\min} \geq 38084N \cdot \frac{1}{e^{0,283,1} - 1}$$

$$F_{2\min} \geq 27554N$$



3.8.2 OMEZENÍ PODLE PRŮVĚSU PÁSU PRO HORNÍ VĚTEV

Minimální síla v horní větvi pásu:

$$F_{H\min} = \frac{a_1 \cdot (q_B + q_G) \cdot g}{8 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)_{adm}} \quad (49)$$

kde:

$$a_1 = 1,5m$$

dle konstrukce (7)

$$q_B = 6kg \cdot m^{-1}$$

dáno (15)

$$q_G = 33kg \cdot m^{-1}$$

vypočteno (34)

$$g = 9,81m \cdot s^{-2}$$

dáno

$$\left(\frac{h}{a}\right)_{adm} = 0,013$$

zvoleno (45)

$$F_{H\min} = \frac{1,5m \cdot (6kg \cdot m^{-1} + 33kg \cdot m^{-1}) \cdot 9,81m \cdot s^{-2}}{8 \cdot 0,013}$$

$$F_{H\min} = 5516N$$

3.8.3 OMEZENÍ PODLE PRŮVĚSU PÁSU PRO DOLNÍ VĚTEV

Minimální síla v dolní větvi pásu:

$$F_{D\min} = \frac{a_2 \cdot q_B \cdot g}{8 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)_{adm}} \quad (50)$$

kde:

$$a_2 = 3m$$

dle konstrukce (8)

$$q_B = 6kg \cdot m^{-1}$$

dáno (15)

$$g = 9,81m \cdot s^{-2}$$

dáno

$$\left(\frac{h}{a}\right)_{adm} = 0,013$$

zvoleno (45)

$$F_{D\min} = \frac{3m \cdot 6kg \cdot m^{-1} \cdot 9,81m \cdot s^{-2}}{8 \cdot 0,013}$$

$$F_{D\min} = 1697N$$



3.8.4 KONTROLA PEVNOSTI PÁSU

$$F_{DP} \geq F_{\max}$$

kde:

Dovolená síla v pásu:

$$F_{DP} = R_{mp} \cdot B \quad (51)$$

kde:

$$R_{mp} = 250 N \cdot mm^{-1} \quad \text{dáno (15)}$$

$$B = 650 \cdot mm \quad \text{dáno (7)}$$

$$F_{DP} = 250 N \cdot mm^{-1} \cdot 650 mm$$

$$F_{DP} = 162,5 kN$$

Největší tahová síla v pásu:

$$F_{\max} = F_1 = 38,084 kN \quad \text{vypočteno (48)}$$

$$162,5 kN \geq 38,084 kN \quad \text{Vyhovuje.}$$

3.8.5 EULERŮV VZTAH

$$\frac{F_1}{F_2} \leq e^{\mu \cdot \varphi}$$

kde:

$$F_1 = 38,084 kN \quad \text{vypočteno (48)}$$

$$F_2 = 27554 N \quad \text{vypočteno (47)}$$

$$\mu = 0,28 \quad \text{zvoleno (45)}$$

$$\varphi = 3,1 \quad \text{dle konstrukce}$$

$$\frac{38,084}{27,554} \leq e^{0,283,1}$$

$$1,382 \leq 2,382 \quad \text{Vyhovuje.}$$



ZÁVĚR

Dle zadaných parametrů a platné normy byl proveden funkční výpočet přestavitelného pásového dopravníku pro hnědé uhlí. Práce obsahuje rozbor dopravovaného materiálu včetně alternativních materiálů. Součástí práce je i uvedení použitých částí dopravníku jako jsou například válečkové stolice nebo použitý elektromotor. Přílohy obsahují výkres sestavy montážního bloku a návrhy dalších možných řešení nosné konstrukce. Je patrné, že pro montážní bloky menších rozměrů jsou příhodné jednodušší konstrukce z plnostěnných profilů, zatímco pro dopravníkové segmenty větších délek je vhodná příhradová konstrukce.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] DRAŽAN, František a kol. Teorie a stavba dopravníků. 1. vydání. Praha 1: Ediční středisko ČVUT, 1983. 290 s.
- [2] GAJDŮŠEK, Jaroslav, ŠKOPÁN, Miroslav. Teorie dopravních a manipulačních zařízení. 1. vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1988. 277 s.
- [3] SHIGLEY, Joseph E. a kol. Konstruování strojních součástí. 1. vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2010. 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0
- [4] MIKULČÁK, Jiří a kol. Matematické, fyzikální a chemické tabulky. 1. vydání. Praha 7: Státní pedagogické nakladatelství, 1989. 208s.
- [5] ČSN ISO 5048: 1994. Zařízení pro plynulou dopravu nákladů – Pásové dopravníky s nosnými válečky – Výpočet výkonu a tahových sil. Praha: Český normalizační institut, 1994. 15 s.
- [6] Dostupné z: <http://projekt150.ha-vel.cz/node/55> [citováno 24. dubna 2012]
- [7] Dostupné z: <http://www.abtech-cz.cz/gumotextilni-pasy/> [citováno 1. května 2012]
- [8] Dostupné z: <http://www.gktupesy.cz/napinaci-a-hnaci-bubny-pasovych-dopravniku/buben.php> [citováno 1. května 2012]
- [9] Dostupné z: http://www.interroll.com/cz/products/drum_motors/asynchronous_motors/bubnovy_motor_80s/ [citováno 1. května 2012]
- [10] Dostupné z: <http://www.amgpicha.cz/valecky-ocelove/hladke/> [citováno 1. května 2012]
- [11] Dostupné z: <http://www.amgpicha.cz/valecky-ocelove/spiralove/> [citováno 1. května 2012]
- [12] Dostupné z: <http://www.amgpicha.cz/valecky-ocelove/pogumovane-kotoucove-diskove/> [citováno 1. května 2012]
- [13] Dostupné z: <http://www.gktupesy.cz/stolice-pasovych-dopravniku/stolice-dopravniku-horni-a-stredici.php> [citováno 1. května 2012]
- [14] Dostupné z: <http://www.amgpicha.cz/bubny/vratne-prevadeci/> [citováno 1. května 2012]
- [15] Dostupné z: <http://www.abtech-cz.cz/sterace-dopravnich-pasu/celni-sterace/cj-1-1/> [citováno 24. dubna 2012]



- [16] Dostupné z: http://www.geofond.cz/dokumenty/nersur_rocenky/rocenkanerudy99/html/h_uhli.html [citováno 16. dubna 2012]
- [17] Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Hn%C4%9Bd%C3%A9_uhl%C3%AD [citováno 11. dubna 2012]
- [18] Dostupné z: is.muni.cz/th/211292/prif_b/RESERSE.doc [citováno 17. dubna 2012]
- [19] Dostupné z: <http://tezba-a-vyuziti-cerneho-uhli.webnode.cz/uhli/> [citováno 16. dubna 2012]
- [20] Dostupné z: <http://www.g2trans.cz/nabizime/uhli/hnde-uhli.html> [citováno 11. dubna 2012]
- [21] Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/vyuziti_uhli.html [citováno 11. dubna 2012]
- [22] Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/loziska/loziska/loziska_energetickych_surov.html#HN%C4%9AD%C3%89%20UHL%C3%8D%20%28+%20LIGNIT%29 [citováno 11. dubna 2012]
- [23] Dostupné z: http://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?action=detail&zp_id=37846&fid=4&rok=&typ=&jazyk=cs&text=hn%C4%9Bd%C3%A9+uhl%C3%AD&hl_klic_slova=1&hl_abstrakt=0&hl_nazev=0&hl_autor=0&str=1 [citováno 17. dubna 2012]
- [24] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5149-kotelny-s-kotli-na-uhli-a-koks> [citováno 17. dubna 2012]
- [25] Dostupné z: http://www.id.vsb.cz/pol25/Polak_DaMZ_1_NP.pdf [citováno 17. dubna 2012]
- [26] Dostupné z: <http://www.amgpicha.cz/files/technicke-listy-amg.pdf> [citováno 1. května 2012]
- [27] Dostupné z: <http://www.gumex.cz/ep250-2-pryzove-pasy-pro-prumyslove-pouziti-24601.html> [citováno 1. května 2012]
- [28] Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=29948 [citováno 1. května 2012]
- [29] Dostupné z: <http://www.e-sigmat.cz/dm1-225-m-4/?PHPSESSID=a6a18f899acec724d0cd4bfddddd97760> [citováno 1. května 2012]



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$\left(\frac{h}{a}\right)_{adm}$	[-]	největší relativní průvės pásu mezi válečkovými stolicemi
a	[mm]	délka válečků v horní stolic
A	[m ²]	dotyková plocha mezi pásem a čističem pásu
a ₁	[m]	rozteč stolic v horní větvi dopravníku
a ₂	[m]	rozteč stolic v dolní větvi dopravníku
B	[mm]	šířka dopravního pásu
b	[mm]	ložná šířka pásu
b ₁	[mm]	světlá šířka bočního vedení
b ₁	[m]	šířka mezi bočním vedením
C	[-]	součinitel vedlejších odporů
d ₁	[m]	průměr nerotující hřídele horního válečku
d ₂	[m]	průměr nerotující hřídele dolního válečku
D _b	[mm]	průměr hnacího bubnu
f	[-]	globální součinitel tření
F ₁	[N]	tahová síla v nosné větvi dopravníku
F ₂	[N]	tahová síla ve vratné větvi dopravníku
F _{2min}	[N]	minimální tahová síla ve vratné větvi dopravníku
F _{Dmin}	[N]	minimální tahová síla ve vratné větvi dopravníku podle průvèsu pásu
F _{DP}	[N]	dovolená síla v pásu
F _{gL}	[N]	odpor tření o boční stěny násypky
F _H	[N]	hlavní pohybový odpor
F _{Hmin}	[N]	minimální tahová síla v nosné větvi dopravníku podle průvèsu pásu
F _{max}	[N]	největší tahová síla v pásu
F _N	[N]	vedlejší pohybový odpor
F _r	[N]	odpor čističů pásu
F _{S1}	[N]	přídavný hlavní pohybový odpor
F _{S2}	[N]	přídavný vedlejší pohybový odpor
F _{St}	[N]	odpor k překonání dopravní výšky
F _U	[N]	pohybový odpor
F _{Umax}	[N]	maximální tahová síla v pásu
g	[m·s ⁻²]	gravitační zrychlení



H	[m]	výškový rozdíl
I_m	$[\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}]$	hmotnostní dopravní výkon
I_v	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	objemový dopravní výkon
k_1	[-]	součinitel korekce vrchlíku náplně pásu
k_p	[-]	součinitel sklonu
L	[m]	osová vzdálenost přesypů
l	[m]	délka bočního vedení
L_{21}	[m]	délka nerotující hřídele horního válečku
L_{22}	[m]	délka nerotující hřídele dolního válečku
L_b	[mm]	délka hnacího bubnu
m_1	[kg]	hmotnost celého horního válečku
m_{1N}	[kg]	hmotnost nerotující hřídele horního válečku
m_2	[kg]	hmotnost celého dolního válečku
m_{2N}	[kg]	hmotnost nerotující hřídele dolního válečku
n_p	$[\text{min}^{-1}]$	výstupní otáčky převodovky
p	$[\text{N} \cdot \text{m}^{-2}]$	tlak mezi čističem pásu a pásem
P	[kW]	provozní výkon poháněcího motoru zvýšený o 50%
p_1	[-]	počet řad válečků v horní větvi dopravníku
p_2	[-]	počet řad válečků v dolní větvi dopravníku
P_A	[kW]	potřebný provozní výkon na hnacím bubnu
P_M	[kW]	potřebný provozní výkon poháněcího motoru
Q	$[\text{kg} \cdot \text{hod}^{-1}]$	dopravní výkon
q_1	[kg]	hmotnost rotujících částí válečku v horní stolici
q_2	[kg]	hmotnost rotujících částí válečku v dolní stolici
q_B	$[\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}]$	hmotnost 1 metru dopravního pásu
q_G	$[\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}]$	tíhová síla dopravovaného materiálu na 1 metr pásu
q_{RO}	$[\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}]$	hmotnost rotujících částí horních válečků na 1 metr
q_{RU}	$[\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}]$	hmotnost rotujících částí dolních válečků na 1 metr
R_{mp}	$[\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}]$	pevnost pásu
S	$[\text{m}^2]$	celková plocha průřezu
S_1	$[\text{m}^2]$	plocha průřezu vrchlíku
S_2	$[\text{m}^2]$	plocha průřezu korýtky
S_k	$[\text{m}^2]$	skutečná plocha průřezu náplně pásu



S_T	$[m^2]$	potřebný teoretický průřez náplně pásu
v	$[m \cdot s^{-1}]$	jmenovitá dopravní rychlost pásu
β	$[^\circ]$	sklon bočních válečků ve stolici
γ	$[kg \cdot m^{-3}]$	objemová sypná hmotnost
δ	$[^\circ]$	úhel sklonu pásového dopravníku
η_l	$[-]$	účinnost poháněcího motoru
μ	$[-]$	součinitel tření mezi poháněcím bubnem a pásem
μ_2	$[-]$	součinitel tření mezi materiálem a bočním vedením
μ_3	$[-]$	součinitel tření mezi pásem a čističem pásu
ξ	$[-]$	součinitel rozběhu
ρ	$[^\circ]$	sypný úhel
ρ_{ocel}	$[kg \cdot m^{-3}]$	hustota oceli
φ	$[-]$	úhel opásání poháněcího bubnu
ψ_D	$[^\circ]$	dynamický sypný úhel

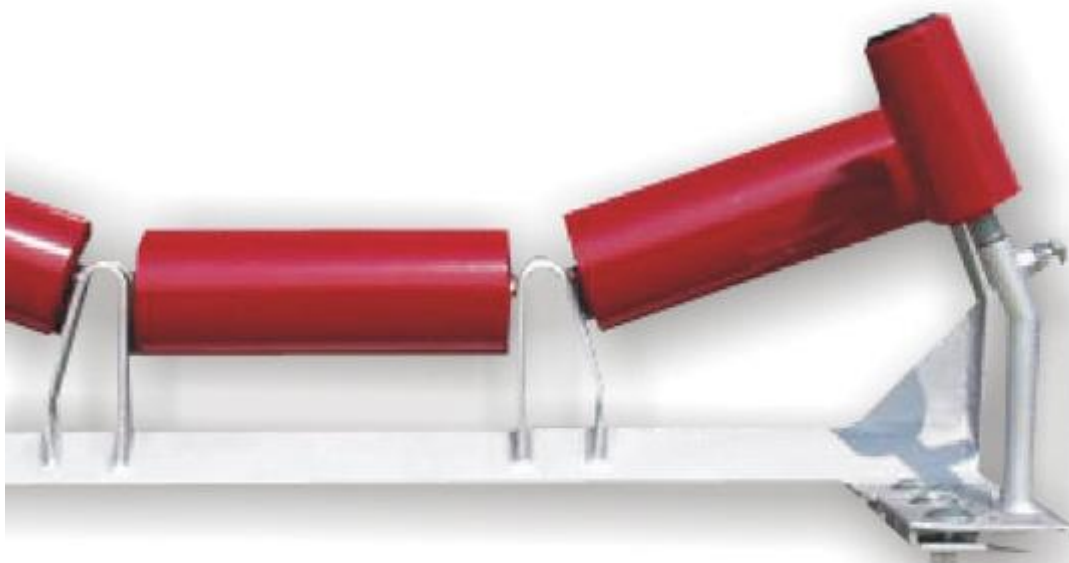


SEZNAM PŘÍLOH

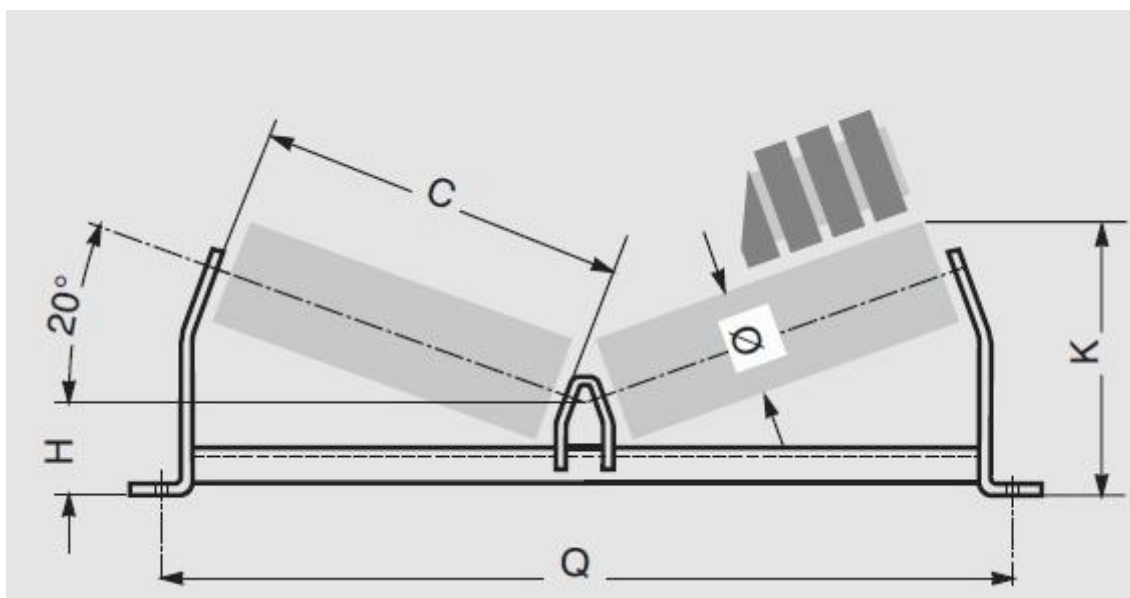
Způsoby upevnění válečkových stolic	-	I, II
Výkres sestavy:	SEGMENT DOPRAVNÍKU 1	- 2-3P/22-01
Kusovník (1/2):	SEGMENT DOPRAVNÍKU 1	- 4-3P/22-01
Kusovník (2/2):	SEGMENT DOPRAVNÍKU 1	- 4-3P/22-01
Výkres sestavy:	SEGMENT DOPRAVNÍKU 2	- 2-3P/22-02
Kusovník (1/2):	SEGMENT DOPRAVNÍKU 2	- 4-3P/22-02
Kusovník (2/2):	SEGMENT DOPRAVNÍKU 2	- 4-3P/22-02
Výkres sestavy:	SEGMENT DOPRAVNÍKU 3	- 3-3P/22-03
Kusovník:	SEGMENT DOPRAVNÍKU 3	- 4-3P/22-03
Výkres sestavy:	STOJINA	- 2-3P/22-04



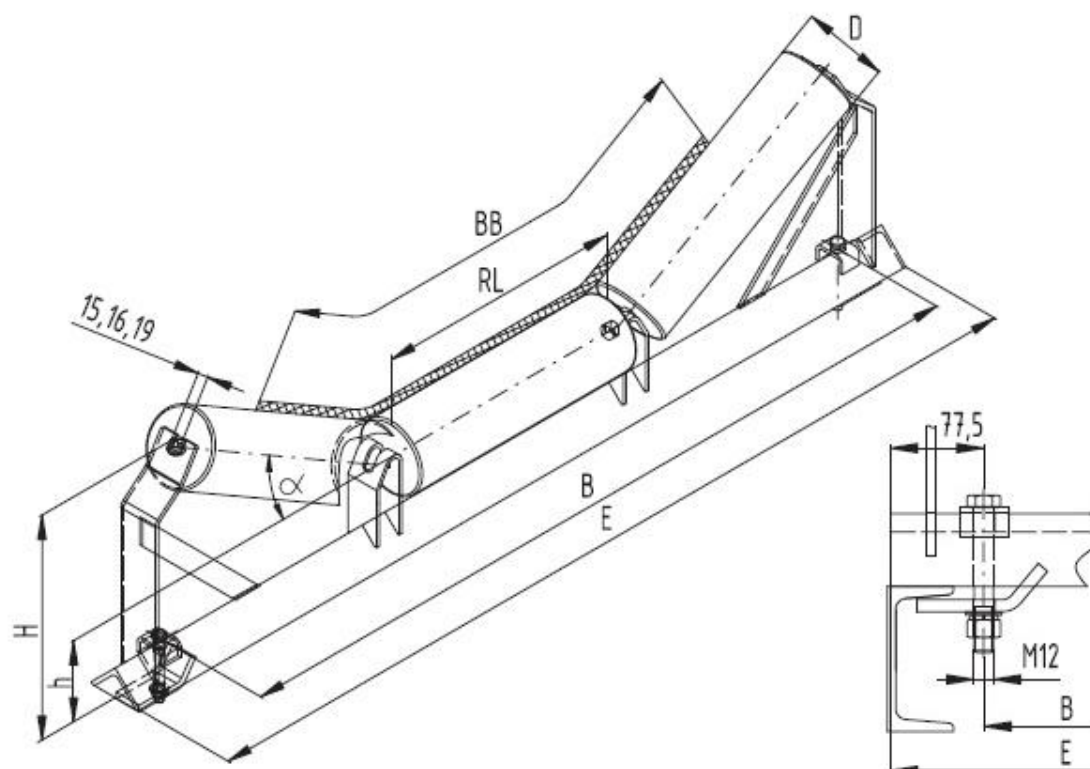
ZPŮSOBY UPEVNĚNÍ VÁLEČKOVÝCH STOLIC



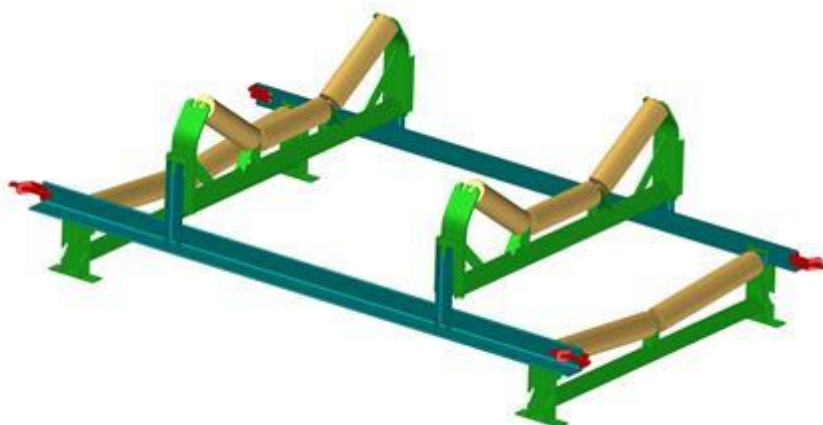
Upevnění pružnou příložkou staženou šrouby (AMG Karel Pícha s.r.o.)



Upevnění přišroubováním k nosnému profilu (Rulmecacorp)



Upevnění samostatnou příložkou a šroubem, tj. pomocí klemů (GTK spol. s r.o.)



Upevnění nasunutím (Ostroj, a.s.)